

Efeitos dos poluentes encontrados nos efluentes de uma galvanoplastia

ARISTIDES ALMEIDA ROCHA (*)

I – INTRODUÇÃO

O organismo humano, sob a ação de poluentes naturais ou artificiais, sofre efeitos que vão desde ligeiras perturbações não específicas, até aquelas com sintomas definidos e graves intoxicações características dos agentes produtores da lesão.

Como ressalta Guimarães, 1971 (1), a ação do poluente é dependente da sua concentração na água, da sua toxicidade específica para o ser humano e da susceptibilidade de cada indivíduo.

Para todos os poluentes, praticamente, existem concentrações inofensivas que, se aumentadas, iniciam sua ação sobre o organismo e, atingindo certo nível, poderão vir a ser mortais. Eventualmente, os sintomas são agudos, enquanto que em certos casos o toxificante é cumulativo. Nesse caso, as doses inócuas quando isoladas podem, com o contínuo uso da água, vir a propiciar o aparecimento posterior de uma determinada doença. Em casos excepcionais ocorrem moléstias não por acúmulo, mas pela ausência ou carência de certos elementos ou mesmo substâncias na água.

(*) Professor Assistente Doutor da Faculdade de Saúde Pública da USP, Biólogo da CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental e Consultor da OPS/OMS

Outros fatos a serem considerados quanto aos poluentes são os relativos à Ecologia, isto é, os efeitos sobre a fauna e flora aquáticas.

II – POLUENTES DA GALVANOTÉCNICA

No revestimento por processos químicos e eletrolíticos de superfícies metálicas com outras superfícies metálicas, com a finalidade de proteger certos metais do processo de corrosão, aumentar a dureza, a espessura ou, simplesmente, embelezá-las, é produzida uma série de resíduos que pode conter metais pesados, ácidos fortes, álcalis, detergentes, óleos e graxas.

Segundo Braille et al, 1979 (2), os despejos de uma galvanotécnica (galvanoplastia e galvanostegia) podem ser classificados em quatro tipos:

- despejos ácidos contendo cromo (são tóxicos);
- despejos ácidos isentos de cromo, contendo outros metais (cobre, zinco cádmio, níquel – são tóxicos);
- despejos alcalinos contendo cianetos (são anions tóxicos);
- despejos alcalinos isentos de cianetos, contendo outros anions (sulfuretos, hidróxidos, citofosfatos, silicatos – são anions tóxicos).

Os despejos ácidos, por exemplo, da decapagem, são, no geral, consti-

tuídos de soluções de ácido sulfúrico, nítrico e fluorídrico e de seus sais.

Os despejos alcalinos via de regra são constituídos de sais de sódio, zinco e potássio, de hidróxidos de sódio e de potássio, de emulsionantes orgânicos e de detergentes sintéticos. Há ainda outros componentes dos despejos e não referidos e que podem advir da operação de revestimento, tais como: estanho, chumbo, prata e alumínio.

Os óleos e graxas utilizados nos banhos solventes orgânicos para lavagem de superfície metálica são a hexana, tetracloreto de carbono, tricloroetileno, benzol e outras.

Na tabela nº 01, a seguir, estão inseridos alguns dos componentes dos resíduos de uma galvanotécnica e suas respectivas concentrações.

TABELA Nº 1
Componentes dos Resíduos da Galvanotécnica

Concentração em mg/l	Concentração em mg/l
Cianetos nos resíduos alcalinos (CN)	20 – 30
Cromo hexavalente (Cr)	50 – 500
Cromo trivalente (Cr)	30 – 60
Cobre (Cu)	12 – 330
Ferro (Fe)	02 – 20
Níquel (Ni)	0 – 25
Zinco (Zn)	0 – 80

Fonte: Braille, et al, 1979 (2)

O grande potencial de poluição em termos de toxicidade desses contaminantes é especialmente prejudicial à atividade microbiológica que ocorre nos corpos d'água ou mesmo nas estações de tratamento de esgotos.

De acordo com Barnes, 1971 (3), deve ser ressaltado que um fator verdadeiramente crítico é a determinação dos poluentes toxicantes no efluente final. Isto variaria com a forma e o tamanho dos elementos a serem lavados e também com o tipo de galvanoplastia. Assim, é preciso, pois, haver uma experiência anterior ou proceder estudos de indústrias e estações de tratamento em escala de laboratório e mesmo de campo.

III – EFEITOS DOS POLUENTES

Resumidamente, são descritos a seguir os possíveis efeitos de alguns dos principais poluentes, que podem ocorrer nos efluentes de uma galvanoplastia:

Cianetos

Segundo a norma NT-07 (L.5.112) da CETESB, página 2, de 18/04/78 (4), cianetos são todos os grupos CN de compostos, que podem ser determinados na forma de ion CN^- pelo método empregado (determinação final por titulação ou finalização colorimétrica). Os compostos de cianeto podem ser simples ou complexos. Os primeiros são representados genericamente por $A(CN)_x$, onde A é um metal alcalino ou um outro metal, e X é a valência de A, em que o grupo CN de compostos solúveis aparece na forma de ion CN^- . Os compostos complexos são representados por $AyM(CN)_x$, onde A é um metal alcalino, Y é o número de átomos do metal, M é um metal pesado e x é o número de grupos CN, e em que o grupo CN de compostos solúveis aparece na forma de ion $M(CN)_x$.

O cianeto total abrange os cianetos solúveis e insolúveis, dissociados ou não.

O ion cianeto é muito tóxico. Os cianetos alcalinos simples formam ions quando dissolvidos na água. Muitos dos cianetos complexos são mais estáveis em solução aquosa, sendo normalmente pouco tóxicos. No entanto, como sob certas condições, podem decompor-se a cianetos simples, assim, dependendo do metal presente e dos grupos CN, haverá graus diferentes de toxicidade. O ácido cianídrico HCN, quando em pH menor ou igual a 8, é pouco dissociado na água e, portanto, a maior parte do cianeto

está sob a forma de HCN. O homem pode ingerir uma quantidade máxima total de 18 mg/l de CN^- ou 0,05 mg/kg de peso corporal (contida nos alimentos, como o palmito, alface, repolho, defumados em geral, etc. e parcela pela poluição industrial). Uma pequena porção dos ions CN^- é exalada e o restante rapidamente transformado no fígado em sulfeto complexo não tóxico (SCN, tiocianato) e lentamente eliminado pela urina, não havendo provas da sua bioacumulação.

Baixas concentrações de oxigênio dissolvido aumentam a toxicidade dos cianetos. Metais como níquel formam complexos com cianetos, reduzindo a letalidade, principalmente em altos pH. Todavia, os complexos de zinco e cádmio são acentuadamente tóxicos e uma única dose para o homem de 50 a 60 mg/l pode ser fatal.

O Water Quality Criteria americano (5) indica a concentração de 0,20 mg/l com a máxima permissível para águas reservadas ao abastecimento, recomendando como conveniente a sua ausência. Os padrões internacionais fixaram 0,01 mg/l como o limite condenatório, alterando esse valor para 0,05 mg/l na revisão de 1971. Os padrões europeus adotam este último valor (Branco & Rocha, 1977) (7).

Para os peixes, a toxicidade dos cianetos é dependente do pH, temperatura, oxigênio dissolvido e concentração de elementos minerais na água. Quanto menor o pH, maior é a proporção de HCN não dissociado. Por outro lado, a toxicidade aumenta com a elevação da temperatura; a cada $10^{\circ}C$ duplica ou triplica a ação letal. Para peixes, a toxicidade ocorre a partir de 0,025 mg/l CN^- , enquanto que os microrganismos são mais resistentes.

Os ions CN^- penetram pelas brânquias e revestimento epitelial da boca, circulam pela corrente sanguínea, afetam certas enzimas respiratórias, como a citocromo oxidase, podendo, também, paralisar o sistema nervoso central, suprimindo oxidações da corteza cerebral.

Os cianetos solúveis podem, dependendo do pH, como já mencionamos anteriormente, formar NaCN (cianeto de sódio), KCN (cianeto de potássio) e HCN (cianeto de hidrogênio). A toxicidade do KCN aumenta ao diminuir o oxigênio dissolvido na água, pois a falta deste impede a oxidação do cianeto da tiocianato, composto químico de defesa do organismo animal.

Ao morrer por asfixia, o sintoma pós morte é um brilho de cor vermelha das brânquias, como resultado da mudança de condição do sangue arte-

rial, devido a uma oxidação dos tecidos do corpo (Rocha, 1980) (6).

Cromo

Os cromatos e dicromatos (cromo hexavalente de sódio, potássio e de amônio) são solúveis, assim como o cloreto, o nitrato e o sulfato (trivalentes). Enquanto as formas trivalentes são consideradas inócuas à saúde, há evidências de que os cromatos, em doses elevadas, tem efeito corrosivo no aparelho digestivo e produzem nefrite. Segundo Rothstein, citado por Guimarães (1), a dose tóxica seria de 0,5 mg/l de bicromato de potássio.

Não se conhece ainda a quantidade de ion cromato que pode ser ingerida sem causar danos ao ser humano, mas há registrado o caso de um poço de Long Island, Nova York, com a concentração de 1 mg/l de cromo, chegando certa vez a 25 mg/l e que foi consumida por 3 anos por 4 pessoas de uma mesma família, sem que nada de anormal apresentasse.

O cromo não é cumulativo no organismo humano e assim os padrões norte-americanos, desde 1946, foram reduzindo o limite condenatório para 0,05 mg/l de cromo hexavalente, sem estabelecer limites para as formas trivalentes. Os padrões da OMS adotaram esse mesmo limite, sendo, para muitos autores, injustificável tal rigor, em face dos dados fisiológicos. Na revisão de 1971, a OMS eliminou o cromo hexavalente das listas de tóxicos, afirmando que alimentos preparados em panelas de aço inoxidável apresentam teores mais elevados e não prejudicam a saúde (7). O cromo hexavalente deve ser considerado mais como um indicador de poluição, do que como um perigo por si mesmo. Entretanto, a EPA – 1972, Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, considera que devido às poucas informações sobre a remoção nos processos convencionais de tratamento, o teor de cromo total não deve ultrapassar a 0,05 mg/l no manancial.

Cobre

O cobre ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a $20 \mu g/l$. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor à água. Segundo pesquisas efetuadas, é necessário uma concentração de 20 mg/l de cobre ou um teor total de 100 mg/l por dia na água para produzirem intoxicações humanas com lesões no fígado. No entanto, concentrações de 5 mg/l tornam a água absolutamente impalatable, devido ao gosto produzido.

Interessante é notar, todavia, que o trigo contém concentrações variáveis de 190 a 800 mg/kg de cobre, a aveia 40 a 200 mg/kg, a lentilha 110 a 150 mg/kg e a ervilha de 13 a 110 mg/kg. As ostras podem conter até 2000 mg/kg de cobre.

O cobre, em pequenas quantidades, é até benéfico ao organismo humano, catalizando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue humano, facilitando a cura de anemias.

Para os peixes, muito mais que para o homem, as doses elevadas de cobre são extremamente nocivas. Assim, trutas, carpas, bagres, peixes vermelhos de aquários ornamentais e outros, morrem em dosagens de 0,5 mg/l. O "blackbass" é mais resistente, podendo suportar dosagens de até 2,0 mg/l ou mais de cobre em $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. No entanto, é preciso ressaltar que a toxicidade do cobre é variável com a dureza das águas, pH, agitação, etc. (8).

Os peixes morrem pela coagulação do muco das brânquias e consequente asfixia (ação oligodinâmica).

Os microrganismos perecem em concentrações superiores a 1,0 mg/l. O cobre aplicado sobre a forma de sulfato de cobre $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, em dosagens de 0,5 mg/l, é um poderoso algicida.

O Water Quality Criteria (5) indica a concentração de 1,0 mg/l de cobre como máxima permitida para águas reservadas ao abastecimento público.

Ferro

O ferro ocorre em águas naturais, quase sempre em conjunto com o manganês, oriundo da dissolução de compostos ferrosos de solos arenosos, terrenos de aluvião ou pântanos. Nesses tipos de solos, a matéria orgânica se decompõe, consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico, o que solubiliza compostos de ferro, bem como os de manganês. Quando a água tem muito oxigênio, este oxida o ferro ferroso, formando ferro férrico marrom.

O ferro originário de despejos industriais nas águas (poços, galerias de captação, represas) encontra-se geralmente na forma solúvel, coloidal, formando complexos com substâncias orgânicas e inorgânicas ou em suspensão, ou suspensão com partículas de sílica ou argila.

O ferro produz sabor, odor e cor nas águas, além de favorecer o desenvolvimento das "bactérias de ferro", que produzem incrustações obstruindo as canalizações. O gás sulfídrico po-

de combinar-se com o ferro, dando sulfetos ferrosos de cor preta.

Os padrões americanos apresentam 0,3 mg/l como limite condutor para o ferro em águas de abastecimento. O ferro pode ser, praticamente, totalmente removido em estações convencionais de tratamento de água.

O cloreto férrico (FeCl_3) é tão tóxico para os peixes como o é o ácido clorídrico HCl , quando em soluções de mesmo pH. Estes concentram mais hidretos H^+ através da hidrólise, sendo letais aos peixes.

Níquel

Não existem muitas referências bibliográficas quanto a toxicidade do níquel. Todavia, assim como para outros íons metálicos pesados, é possível mencionar que em soluções diluídas, podem esses elementos precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes. Assim, o espaço inter-lamelar é obstruído e o movimento normal dos filamentos branquiais é bloqueado. O peixe, impedido de realizar as trocas gasosas entre a água e os tecidos branquiais, morre por asfixia (6).

Por outro lado, o níquel complexo com cianeto (níquelcianeto) é altamente tóxico quando em baixos pH. Concentrações de 1,0 mg/l desse complexo são tóxicas aos organismos de água doce (8).

Zinco

A presença do zinco é comum nas águas naturais, excedendo em um levantamento efetuado nos EUA a 20 mg/l em 95 dos 135 mananciais pesquisados (Salgado, 1980) (9).

O zinco é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações superiores a 5,0 mg/l, confere sabor à água e uma certa opalescência à águas alcalinas.

Os efeitos tóxicos do zinco sobre os peixes são muito conhecidos, assim como sobre as algas. A ação desse íon metálico pesado sobre o sistema respiratório dos peixes é semelhante à do níquel, anteriormente citada.

As experiências com outros organismos aquáticos são escassas. Entretanto, é preciso ressaltar que o zinco em quantidades adequadas é um elemento essencial e benéfico para o metabolismo humano, sendo que a atividade da insulina e diversos compostos enzimáticos dependem da sua presença. A deficiência de zinco nos animais pode conduzir ao atraso do crescimento. Nos EUA, populações

consumindo águas com 11 a 27 mg/l não tiveram constatada qualquer anormalidade prejudicial à saúde.

Os padrões para águas reservadas ao abastecimento público indicam 5,0 mg/l como o máximo permitido, embora o zinco possa ser praticamente removido em processos convencionais de tratamento de água. Dependendo da dureza da água, pode persistir nos corpos hídricos até 30 anos.

Chumbo

O chumbo em geral ocorre nas águas naturais em concentrações baixas, apenas traços. Mas algumas águas naturais tem de 0,4 a 0,8 mg/l. Como é um tóxico cumulativo, tem para águas potáveis limites bastante restritivos.

A intoxicação crônica por ele causada é denominada saturnismo, que pode ser fatal.

A faixa de concentração fisiologicamente inócua na água, está ao redor de 0,05 mg/l durante toda a vida e, 2,0 a 4,0 mg/l por períodos curtos, poucas semanas, por exemplo. A concentração nociva é de 8,0 a 10,0 mg/l por várias semanas e, a letal, provavelmente, mais de 15,0 mg/l por várias semanas.

Ao que parece, o homem não elimina mais que 0,3 a 1,0 mg/dia através de suas excreções e, a absorção diária, a partir de outras fontes que não a água, de 0,1 mg/l, pode causar envenenamento crônico nas pessoas mais sensíveis. Nas toxicidades agudas, os sintomas são: queimadura na boca, sede intensa, inflamação do trato gastrointestinal, diarreias e vômitos.

Até 1971, os limites norte-americanos fixavam em 0,1 mg/l o valor máximo. A partir dessa revisão, reduziu-se para 0,05 mg/l, considerando-se que o total inalado a partir do ar e do tabaco, tendem a aumentar com a poluição, uso agrícola, etc. A OMS manteve 0,1 mg/l, lembrando entretanto, a inconveniência de se usarem canalizações de chumbo, bem como tubos plásticos que possuam chumbo como estabilizante, o qual pode passar à água por lixiviação. Aos peixes, as doses fatais, no geral, variam de 0,1 a 0,4 mg/l, embora, em condições experimentais, alguns resistam até 10,0 mg/l. Outros organismos (moluscos, crustáceos, mosquitos quironomídeos e simuliídeos, vermes oligoquetos, sanguessugas e insetos tricópteros) desaparecem após a morte dos peixes, em concentrações superiores a 0,3 mg/l.

A ação sobre os peixes é semelhante a mencionada para o níquel e o zinco já citadas.

A EPA americana, 1973, recomenda que nos mananciais públicos de

abastecimento de água, o chumbo não deva exceder a 0,05 mg/l.

Cádmio

A produção mundial de cádmio está atualmente em torno de 2000 toneladas por ano. O Brasil tem um consumo estimado em 500 toneladas por ano.

O cádmio é tóxico em concentrações muito baixas e de efeito cumulativo. O limite recomendado para águas de abastecimento público é de 10 µg/l.

O cádmio ocorre na forma inorgânica, pois seus compostos orgânicos são instáveis; é um irritante gastrointestinal, causando intoxicação aguda ou crônica sob a forma de sais solúveis. A literatura, no entanto, registra o caso de 4 pessoas que, por longo tempo, ingeriram água com teor de 0,047 mg/l de cádmio, nada apresentando de sintomas adversos.

Uma única dose de 9,0 g pode causar a morte. Ele concentra-se no fígado, nos rins, no pâncreas e nas glândulas tireóides.

No Japão, um aumento da concentração de cádmio de 0,005 mg/l a 0,18 mg/l provocado por uma mina de zinco, causou a doença conhecida como "Doença de Itai-Itai" (10).

Antes de 1950, já a URSS estabelecia um limite de 0,1 mg/l. Em 1971, a revisão dos padrões norte-americanos adotou o valor de 0,01 mg/l.

Os padrões europeus e os internacionais adotaram esse último limite.

A ação do cádmio sobre a fisiologia dos peixes é semelhante às do níquel, zinco e chumbo já relatada.

Prata

A prata ocorre em águas naturais em concentrações baixas, da ordem de 0 a 2,0 µg/l, pois muitos de seus sais são insolúveis, a não ser nos casos do emprego da mesma como substância bactericida ou bacteriostática, ou ainda em processos industriais, esse elemento não é muito abundante nas águas. Nos EUA, em 9 sistemas de abastecimento, 0,05 mg/l de ion Ag e em Denver 0,2 mg/l foram os teores detectados.

A prata tem ação oligodinâmica, assim como o cobre já mencionado. Esse elemento é cumulativo, não sendo praticamente eliminado do organismo. A dose letal para o homem é de 10g como nitrato de prata. O limite norte-americano é de 0,05 mg/l em águas de abastecimento público.

A ação da prata sobre a fauna ictícola é semelhante às do níquel, zinco, chumbo e cádmio já mencionados.

Alumínio

O alumínio é abundante nas rochas e minerais. Nas águas naturais doces e marinhas, entretanto, não se encontra muito alumínio, sendo esse fato decorrente da sua solubilidade, que tende a precipitar o Al ou ser absorvido como hidróxido ou carbonato.

Nas águas de abastecimento e nas águas residuárias, aparece como resultante do processo de coagulação, que emprega sulfato de alumínio.

Aparece nas frutas e outros vegetais em concentrações superiores a 3,7 mg/kg e em alguns cereais em quantidades maiores que 15,0 mg/kg. O total de alumínio na dieta normal tem sido estimado de 10 a 100 mg/dia. Pequenas quantidades de alumínio são absorvidas do total ingerido pelo aparelho digestivo e quase todo o excesso é evacuado nas fezes. O total de alumínio presente no organismo adulto é da ordem de 50 a 150 mg (9).

Não é considerado tóxico ou prejudicial à saúde, tanto que não está incluído em nenhum padrão de qualidade de águas de abastecimento público.

A meta de qualidade da AWWA – American Water Works Association (1968) (5) é recomendar um residual de alumínio no sistema de distribuição, de 0,05 mg/l, visando prevenir precipitação que pode ocorrer com grandes intensidades de chuva.

Estanho

O estanho (Sn) é um dos metais usuais, de cor branca, relativamente leve e muito maleável.

O estanho é inalterável ao ar e encontrado na natureza, sobretudo sob a forma de óxidos, sendo insolúvel, não reagindo com a água, mesmo com forte aquecimento. Em soluções concentradas de hidróxidos alcalinos, reage despreendendo hidrogênio.

Praticamente não existe bibliografia sobre a sua toxicidade aos organismos aquáticos, bem como quanto aos seus possíveis efeitos à saúde humana.

Sulfuretos, Hidróxidos, Ortofosfatos e Silicatos

Alguns desses compostos já foram referidos anteriormente. Porém, de modo sucinto é possível dizer que, quanto aos peixes, todos agem sobre o sistema respiratório, inibindo ou impedindo a utilização do oxigênio.

Óleos e Graxas

Naturalmente, os óleos e graxas podem ocorrer nas águas naturais como resultado da decomposição do plân-

ton e formas superiores de vida aquática. Quando provenientes de despejos industriais, podem ocorrer parcialmente solubilizados, emulsificados por detergentes ou saponificados por alcalis. Podem ainda formar películas nas superfícies líquidas, dificultando ou impedindo a oxigenação, provocando a morte de seres aquáticos, causando impecilhos à recreação, com a produção de espuma, etc. . .

O Water Quality Criteria, dos EUA, não apresentou um critério quantitativo e indicou o padrão "virtualmente ausentes" para mananciais de abastecimento, uma vez que, pequenas quantidades de óleos e graxas são suficientes para causar sabor e odor. Para os peixes, além dos efeitos fisiológicos, há que se considerar a diminuição da qualidade do pescado.

Detergentes

Os detergentes vem sendo cada vez mais usados em substituição ao sabão de limpeza comum. Os surfactantes, também chamados tensoativos, juntamente com outros compostos, tais como fosfatos, silicatos, carbonatos, são os principais componentes dos detergentes.

Alguns surfactantes são facilmente metabolizados por bactérias, enquanto outros são resistentes ou recalcitrantes, o que significa que grande parte deles não é biodegradável nos tratamentos biológicos de esgotos.

Os surfactantes aniônicos não são tóxicos, sendo os mais empregados, mas causam problemas à coagulação e sedimentação nas estações de tratamento de água; dificultam a remoção do ferro e produzem sabor e odor, bem como espumas na água tratada (4).

O ABS (alquil benzeno sulfonato), o mais usado no Brasil, é um surfactante que causa graves problemas. Portanto, a partir de 1965, em países desenvolvidos, está sendo preferencialmente utilizado o LAS (alquilato sulfonato linear), mais facilmente biodegradável e menos poluidor.

Para o ABS, o critério americano indica o padrão de 0,5 mg/l como permissível nos mananciais de abastecimento, visando questões de ordem puramente estéticas.

Experiências indicaram que, com relação a saúde do homem, teores de até 5.000 mg/l não provocaram qualquer resposta fisiológica.

Entretanto, na Alemanha, em 1959, em período de estiagem, na cidade de Essen, correlacionou-se a incidência de infecções intestinais com a presença

de detergentes, que segundo os médicos, removia o muco protetor da mucosa intestinal, facilitando à ação dos germes.

Durante o Seminário sobre Subsídios para uma Política de Detergentes, realizado na CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, em São Paulo, de 6 a 9 de dezembro de 1976, foi recomendada a substituição do ABS por um componente biodegradável, tendo em vista os aspectos ecológicos.

IV – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guimarães, F.P. *Veiculação Hídrica das Doenças* In Curso de Epidemiologia e Profilaxia das Doenças de Veiculação
2. Braile, P. M. et al *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*, CETESB, São Paulo, 1979.
3. Barnes, E.G. *Tratamiento y Recuperación de Los Desechos de la Industria de Galvanoplastia* Traducion de Disposal and Recovery of Electroplating Wastes by George E. Barnes, publ. em *Journal Water Pullution Control Federation*, August 1968, CETESB (mimeogr.), 02/4/1971.
4. Normalização Técnica, Saneamento Ambiental. *Análises Físico-Químicas de Águas* NT-07 CETESB, 1978.
5. Federal Water Pollution Control Administration "Report of the National Advisory Committee to the Secretary of the Interior Washington", *Water Quality Criteria*, 1968.
6. Rocha, A.A. *A Utilização do Meio Ambiente, as Implicações sobre a Piscifauna e o Controle de Bacias Hidrográficas* Revista do Instituto de Engenharia, São Paulo, 426: 26-32, 1980.
7. Branco, S.M. & Rocha, A.A. *Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas*, CETESB/Ed. E. Blücher, 1977.
8. Branco, S.M. *Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária* CETESB, São Paulo, 2ª edição, 1978.
9. Salgado, M.J.M. *Influência dos Metais Pesados nas Águas Interiores*, trabalho, disciplina Hidrobiologia II HSA-709, Faculdade de Saúde Pública da USP, 1980 (mimeogr.)
10. Otterstetter, H. *Considerações sobre a Química Ambiental de Alguns Metais*, trabalho, disciplina Hidrobiologia Sanitária III HSA 710, Faculdade de Saúde Pública da USP, 1979 (mimeogr.).